

3. Sonek J, Krantz D, Carmichael J, Downing C, Jessup K, Haidar Z, Ho S, Hallahan T, Kliman H, McKenna D. First-trimester screening for early and late preeclampsia using maternal characteristics, biomarkers, and estimated placental volume. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2018;218(1):126.e1-126.e13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2017.10.024>
4. Lopach SN. [Statistical methods in biomedical research using Excel]. Kyiv: Moryon; 2001. p. 408. Russian.
5. Andraweera P, Dekker G, Thompson S, Dissanayake V, Jayasekara R, Roberts C. Hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$  gene polymorphisms in early and late onset preeclampsia in Sinhalese women. *Placenta*. 2014;35(7):491-5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2014.04.008>
6. Iacobelli S, Bonsante F, Robillard P. Comparison of risk factors and perinatal outcomes in early onset and late onset preeclampsia: A cohort based study in Reunion Island. *Journal of Reproductive Immunology*. 2017;123:12-16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jri.2017.08.005>
7. Kwok P, Chen X. Detection of Single Nucleotide Polymorphisms. *Current Issues in Molecular Biology*. 2003;5(2):43-60. doi: <https://doi.org/10.21775/cimb.005.043>
8. Redman C. Early and late onset preeclampsia: Two sides of the same coin. *Pregnancy Hypertension: An International Journal of Women's Cardiovascular Health*. 2017;7:58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.preghy.2016.10.011>
9. Simcox L, Ormesher L, Tower C, Greer I. Thrombophilia and Pregnancy Complications. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015;16(12):28418-28. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms161226104>

Стаття надійшла до редакції  
05.12.2019



УДК 616.833.5-036.1-02-07:613.6:611.018.4:577.118

<https://doi.org/10.26641/2307-0404.2020.2.206365>

**А.В. Басанець,  
І.М. Андрусишина,  
О.М. Лашко**

## **РОЛЬ ЕСЕНЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПАТОГЕНЕЗІ РОЗВИТКУ ХРОНІЧНОЇ ПОПЕРЕКОВО-КРИЖОВОЇ РАДИКУЛОПАТІЇ ПРОФЕСІЙНОГО ГЕНЕЗУ В ШАХТАРІВ**

ДУ «Інститут медицини праці ім. Ю.І. Кундієва НАМН України»  
вул. Саксаганського, 75, Київ, 01033, Україна  
SI «Kundiiiev Institute of Occupational Health of the NAMS of Ukraine  
Saksahanskyi str., 75, Kyiv, 01033, Ukraine  
e-mail: [yik@namu.kiev.ua](mailto:yik@namu.kiev.ua)

**Цитування:** *Медичні перспективи*. 2020. Т. 25, № 2. С. 71-77

**Cited:** *Medicni perspektivi*. 2020;25(2):71-77

**Ключові слова:** *хронічна попереково-крижова радикулопатія, остеопенія, кістково-м'язова система та сполучна тканина, есенціальні елементи*

**Ключевые слова:** *хроническая пояснично-крестцовая радикулопатия, остеопения, костно-мышечная система и соединительная ткань, профессиональная патология, эссенциальные элементы*

**Key words:** *chronic lumbosacral radiculopathy, osteoporosis, musculoskeletal system, occupational pathology, micro- and macronutrients*

**Реферат.** Роль есенціальних елементів в патогенезі розвитку хронічної пояснично-крестцової радикулопатії професійного генезу у шахтарів. Басанець А.В., Андрусишина І.Н., Лашко О.Н. Проблема діагностики на ранніх і доклінічних стадіях займає особе місце в питанні профілактики професійних захворювань і їх ускладнень, ведь это является залогом своевременного начатого лечения,

применения профилактических мероприятий. Хроническая пояснично-крестцовая радикулопатия (ХПКР) является одним из наиболее распространенных заболеваний в структуре профессиональной патологии в Украине, диагностируется обычно у работающих профессий, и связана с выполнением тяжелой физической работы, пребыванием в вынужденной рабочей позе, действием высоких уровней общей вибрации, неблагоприятного микроклимата и тому подобное. Самые высокие уровни профессиональной заболеваемости регистрируются в угольной промышленности, которая формирует около 85% профессиональной патологии в Украине. Ежегодно в стране диагностируется около 1600 случаев профессиональной ХПКР. Кроме опасных факторов производства, которые являются этиологическими факторами развития ХПКР, фактором риска развития заболевания является остеопения, которая возникает вследствие нарушения количественной и качественной характеристик костной ткани и характеризуется снижением ее прочности, нарушением микроархитектоники с последующим увеличением риска возникновения переломов. Одним из современных методов оценки состояния костной ткани является определение содержания макро- и микроэлементов (МаЭ и МЭ) в биологических средах пациентов. Са, Al, Mg, B, P имеют наиболее значимый вес в формировании и развитии костной и соединительной ткани. До этого времени исследования состояния костной ткани у больных ХПКР профессиональной этиологии не проводились (малочисленные). Цель – определить роль эссенциальных элементов Са, Al, Mg, B, P в сыворотке крови и мочи в формировании хронической ХПКР профессиональной этиологии шахтеров. Исследования проведены в группе 20 шахтеров основных профессий (забойщик, горный рабочий очистного забоя (ГРОЗ), проходчик) угледобывающей промышленности Донбасса и Львовско-Волынского бассейнов, страдающих ХПКР. Анализ результатов проводился в двух стажевых группах: I группу составили пациенты со стажем работы от 10 до 15 лет ( $n=10$ ), II – от 16 до 32 лет ( $n=10$ ). В контрольную группу вошли 22 пациента без патологии костно-мышечной системы и соединительной ткани. Для определения концентрации МаЭ и МЭ использовался метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП). Концентрация бора в сыворотке крови в обеих стажевых группах (25,90 мкмоль/л и 19,43 мкмоль/л соответственно) была ниже по сравнению с показателем контрольной (62,90 мкмоль/л), ( $p<0,05$ ). Установлено превышение концентрации алюминия в моче больных ХПКР в обеих стажевых группах (1,26 мкмоль/л и 1,334 мкмоль/л соответственно) по сравнению с контрольной (0,85 мкмоль/л), ( $p<0,05$ ). Показатель средней концентрации кальция в сыворотке крови у больных ХПКР профессиональной этиологии (2,82 ммоль/л) в 1,3 раза превышал аналогичный показатель в контрольной группе (2,16 ммоль/л), при этом установлена достоверная разница между показателями обеих стажевых групп ( $p<0,05$ ). В исследовании установлено, что средняя концентрация алюминия в сыворотке крови шахтеров, больных ХПКР (115,07 мкмоль/л), превышала показатель в контрольной группе (3,3 мкмоль/л) почти в 30 раз ( $p<0,05$ ). Установлено, что средний уровень фосфора в моче больных ХПКР (19,0 ммоль/л) достоверно превышал его содержание у пациентов контрольной группы (11,96 ммоль/л) ( $p<0,05$ ). Выявлено снижение концентрации бора в крови шахтеров с хронической радикулопатией профессиональной патологии по сравнению с контрольной группой. Установлено снижение уровня Са и Mg в сыворотке крови шахтеров при увеличении стажа работы во вредных условиях труда, превышение средней концентрации алюминия в крови пациентов в сравнении с нормативным значением и показателями контрольной группы.

**Abstract. Essential elements role in pathogenesis of occupational chronic lumbosacral radiculopathy in coal miners. Basanets A.V., Andrusyshyna I.N., Lashko O.N.** The problem of diagnosis in the early and preclinical stages of diseases is important in the prevention of occupational diseases and their complications, because this is the key to the timely initiation of treatment, the implementation of preventive measures. Chronic lumbosacral radiculopathy (CLSR) or low back pain (LBP) is one of the most common diseases in the structure of occupational pathology in Ukraine, which usually develops in those of working professions associated with physical activity, forced work posture, effect of high levels of general vibration, etc. The highest levels of occupational morbidity are recorded in the coal industry, which accounts for about 80% of occupational pathology in Ukraine. Above 1600 cases of CLRS are diagnosed annually in the country. A risk factor for the development of the CLSR is osteoporosis, which arises due to the impairment of quantitative and qualitative characteristics of bone tissue and is characterized by a decrease in its strength, an impairment of microarchitecture with a further increase in risk of fractures. One of the modern methods of assessing condition of bone tissue is determination of the content of macro- and trace elements (MaE and ME) in the biological environments of patients. Ca, Al, Mg, B, P are the most important in the formation and development of bone and connective tissue. To date, studies of bone tissue status in patients with CLSR of professional etiology have not been conducted (small in numbers). Goal – to determine the role of essential elements Ca, Al, Mg, B, P in serum and urine in the formation of occupational CLSR in miners. The research was conducted in 20 miners with CLRS (slaughterer, mining worker of a clearing face (MWCF), drifter) of coal mining industry of Donbass and Lviv-Volyn basins. The results were analyzed in two groups: I group consisted of patients with 10-15 years of work experience ( $n=10$ ), II group with 16-32 years of work experience ( $n=10$ ). The control group included 22 patients without pathology of the musculoskeletal system and connective tissue. The inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy method (ICPAE) was used to determine the MaE and ME concentrations. The study revealed that the average serum aluminum (Al) concentration in miners with occupational CLSR (115.07  $\mu\text{mol/l}$ ) exceeded control group level (3.3  $\mu\text{mol/l}$ ) by almost 30 times ( $p<0.05$ ). Serum boron (B) concentration in both age groups (25.90  $\mu\text{Mol/l}$  and 19.43  $\mu\text{Mol/l}$ ,

respectively) were lower than in the control (62.90  $\mu\text{Mol/l}$ ), ( $p < 0.05$ ). The average serum calcium (Ca) concentration in patients with occupational CLSR (2.82 mmol/l) was 1.3 times higher than the same indicator in the control group (2.16 mmol/l), with a significant difference between the two age groups ( $p < 0.05$ ). It was revealed that the average level of phosphorus (P) in the urine of patients with occupational CLSR (19.0 mmol/l) significantly exceeded its content in patients of control group (11.96 mmol/l) ( $p < 0.05$ ). The concentration of Al in the urine of patients with CLSR in both age groups (1.26  $\mu\text{Mol/l}$  and 1.334  $\mu\text{Mol/l}$ , respectively) was higher than in control (0.85  $\mu\text{Mol/l}$ ), ( $p < 0.05$ ). Reduction of Ca and Mg levels in the serum of miners in increasing work experience in harmful working conditions, exceeding average concentration of aluminum in patients' blood compared to the normative value and indicators of the control group patients was established.

Патологія сполучної тканини та кістково-м'язової системи в структурі професійної захворюваності України посідає друге місце і становить більше 20%, сягаючи 1568 випадків кожного року. Хронічна попереково-крижова радикулопатія займає чільне місце серед цієї групи захворювань, факторами ризику розвитку якої є: тяжка фізична праця, вимушена або фіксована робоча поза, вимушені нахили, несприятливий мікроклімат, загальна вібрація [4]. Порушення кількісної та якісної характеристик кісткової тканини є однією з причин розвитку цієї патології. Остеопороз є одним з найбільш важливих біологічних факторів ризику розвитку хронічної радикулопатії, при цьому стан кісткової тканини залежить від багатьох факторів, важливе місце серед яких займає кількісний склад ряду МаЕ та МЕ [5, 7]. Дотепер достеменно відомо значну кількість цих елементів, які впливають одночасно на стан як кісткової, так і м'язової тканин. Вітамін D та есенційні елементи Ca, P, Al, B, Mg, що входять до складу ферментативних систем, відіграють найбільшу роль у формуванні кісткової та сполучної тканин [9].

Важлива роль відводиться Ca, що є одним з найпоширеніших в організмі людини елементів. Оптимальний рівень  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{HPO}_4^{2-}$  (основною якого є іони фосфору) в сироватці крові сприяють нормальній мінералізації кісткової тканини, разом із цим, ці іони пов'язані з активними метаболітами вітаміну D, якими є 25-гідроксисолекальциферол та 1,25-дигідроксисолекальциферол. 1,25(OH)<sub>2</sub>D в остеобластах індукуює експресію трансмембранного ліганда рецептора активатора ядерного фактора kB (receptor activator of nuclearfactor-kB ligand — RANKL), що у свою чергу впливає на дозрівання остеокластів, які беруть безпосередню участь в резорбції фосфору та кальцію з кісткової тканини, і, таким чином, підтримують нормальний рівень цих елементів у сироватці крові. Відомо, що кальцій активно впливає на метаболізм кісткової тканини, який забезпечує імпульси нервово-м'язової передачі, чинить позитивний інотропний ефект, активує та контролює нейромедіатори та гормони.

Елемент В відіграє важливу роль у метаболізмі кісткової тканини, який регулює обмін паратиреоїдного гормону, здійснює вплив на обмін вітаміну D, есенційних елементів P, Ca, Mg та у взаємодії з цими речовинами попереджує розвиток остеопорозу, який є одним з біологічних факторів ризику розвитку хронічної попереково-крижової радикулопатії [1, 6].

Так, Al бере участь у дозріванні хондроцитів та остеокитів, здійснює вплив на регенерацію сполучної, кісткової та епітеліальної тканин, покращує утворення фосфатних та білкових лігандів, має здатність впливати на функцію парацитоподібної та щитоцитоподібної залоз, його надлишок, за даними досліджень, гальмує засвоєння фосфору, магнію, кальцію шляхом заміщення своїми катіонами  $\text{Al}^{3+}$  активатора ферменту E, який є клітинним регулятором обміну вказаних елементів.

Саме тому вивчення вмісту вказаних МаЕ та МЕ у біологічних середовищах пацієнтів, що хворіють на хронічну попереково-крижову радикулопатію, внаслідок дії фізичних чинників у процесі трудової діяльності, вважається за доцільне.

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У клініці професійних захворювань ДУ «ІМП імені Ю.І. Кундієва НАМН» обстежено 20 шахтарів вугільних шахт України з діагнозом хронічна попереково-крижова радикулопатія. Середній вік пацієнтів становив 48,25 року, середній стаж у підземних умовах праці – 17,45 року. Контрольну групу становили 22 пацієнти, які не мали патології сполучної тканини та кістково-м'язової системи.

Визначення показників рівня Al, Ca, Mg, P, B у сироватці крові та сечі пацієнтів проводились у лабораторії аналітичної хімії та моніторингу токсичних речовин ДУ «ІМП імені Ю.І. Кундієва НАМН». Сироватка крові та сеча пацієнтів відбиралась згідно з протоколом відбору проб [8, 10]. Методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) приладом "Optima 2100 DV" фірми Perkin-Elmer (США) у пробах визначався вміст есенційних елементів (Ca, Mg, B, Al, P). Для визначення елементного складу сироватки крові відбирали

0,5 мл відцентрифугованої плазми, після чого до неї додавався 4,5 мл 10% розчину  $\text{HNO}_3$  (Merck), який центрифугували протягом близько 20 хв. при 5 000 об/хв. Надосадовий розчин додавали в посуд та доводили до об'єму 10 мл. Для визначення концентрації елементів у 5 мл сечі додавали 5 мл 4% розчину  $\text{HNO}_3$  (Merck) [3]. Обробка проводилась методом параметричної статистики з використанням стандартних програм «Microsoft Office Excel» та програми «Statistica» (ліцензійна статистична програма) [2].

#### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті дослідження встановлено підвищення середньої концентрації Al у сироватці крові шахтарів із ХПКР (115,07 мкМоль/л)

порівняно з контрольною групою (3,3 мкМоль/л) у 34 рази, а в групі шахтарів зі стажем роботи від 10 до 15 років концентрація була більшою в 6 разів (20,01 мкМоль/л), при цьому в групі зі стажем роботи від 16 до 32 років – у 36 разів (118,98 мкМоль/л) порівняно з показником контрольної групи ( $p < 0,05$ ) (табл. 1). Причиною цього може бути той фактор, що обстежені шахтарі підпадали під вплив багатьох небезпечних чинників виробничого середовища (окрім фізичних навантажень при виконанні своїх професійних обов'язків), серед яких особливе місце займає експозиція породним пилом, що містить значний перелік хімічних речовин.

Таблиця 1

**Концентрації МаЕ та МЕ у сироватці крові шахтарів із ХПКР професійного генезу (мг/л, мкМоль/л, мМоль/л),  $M \pm m$ , медіана**

Есенційний елемент	Концентрації елементів у дослідних пацієнтів				
	контрольна група, n=22	концентрації елементів у групах за стажем			p
		всього, n=20 (2)	стаж 10-15 р., n=10 (3)	стаж 16-32 р., n=10 (4)	
Al (мг/л)	0,10±0,03	0,62±0,05	0,34±0,065	1,31±0,56	$p_{1-4} < 0,05$
мкМоль/л	3,3	115,07	20,01	118,98	
Медіана	0,09	3,11	0,54	3,21	
V (мг/л)	0,070±0,02	0,17±0,05	0,17±0,044	0,15±0,04	$p_{1-3} < 0,05$ $p_{1-4} < 0,05$
мкМоль/л	62,90	25,90	25,91	19,43	
Медіана	0,68	0,27	0,28	0,21	
Ca (мг/л)	86,44±5,54	93,44±12,68	109,87±9,82	79,17±6,33	$p_{1-3} < 0,05$ $p_{3-4} < 0,05$
мМоль/л	2,16	2,82	3,20	1,98	
Медіана	86,44	113,13	128,4	79,25	
Mg (мг/л)	17,43±1,40	18,86±2,32	21,30±1,92	16,86±0,86	$p_{1-3} < 0,05$ $p_{3-4} < 0,05$
мМоль/л	0,72	0,97	0,82	0,65	
Медіана	17,40	23,57	19,90	15,79	
P (мг/л)	98,5±2,20	76,91±5,74	109,85±57,13	43,45±2,63	$p_{1-3} < 0,05$ $p_{1-4} < 0,05$
мМоль/л	3,20	1,66	11,83 366,41	1,43	
Медіана	99,30	51,37		44,43	

За результатами дослідження встановлено, що середній вміст Ca в сироватці крові пацієнтів із ХПКР (2,82 мМоль/л) був у 1,3 рази вищим порівняно з контрольною групою (2,16 мМоль/л) ( $p < 0,05$ ), а в стажевій групі шахтарів від 10 до 15 років концентрація Ca (3,20 мМоль/л) була в 1,6 рази вищою, ніж у старшій стажевій (1,98 мМоль/л) ( $p < 0,05$ ). Зменшення концентрації Ca зі зростанням стажу роботи в підземних умовах може пояснювати підвищений ризик

виникнення переломів трубчастих кісток, тіл хребців у шахтарів внаслідок зменшення якісної структури кісткової тканини, і, у результаті, розвитку хронічних захворювань сполучної тканини та кістково-м'язової системи.

Середня концентрація елементу V у крові пацієнтів з хронічною попереково-крижовою радикулопатією (25,90 мкМоль/л) визначалась у 2,5 рази нижчою порівняно з контрольною групою (62,90 мкМоль/л). Варто зазначити, що цей

показник був найнижчим у групі обстежених у стажевій групі від 16 до 32 років (19,43 мкМоль/л), і ця різниця між показниками обох груп порівняно з контрольною характеризувалась високим ступенем достовірності ( $p < 0,05$ ) (табл. 1). Такі дані пояснюють підвищений ризик розвитку остеопенії або остеопорозу в шахтарів із хронічною попереково-крижовою радикулопатією, в яких встановлено зниження концентрації В в організмі, оскільки цей хімічний елемент чинить регуляторний вплив на функціонування статевих гормонів та паратиреоїдного гормону, які впливають на якісну структуру кісткової тканини.

Mg (0,97 мМоль/л), середній рівень якого в сироватці хворих на професійну ХПКР перевищував аналогічний показник у контрольній групі (0,72 мМоль/л) в 1,34 раза. Рівень Mg у групі пацієнтів зі стажем роботи в підземних умовах праці від 16 до 32 років (0,65 мМоль/л) був нижчим за аналогічний показник контрольної групи та показник у стажевій групі від 10 до 15 років (0,82 мМоль/л), а різниця між показником у I стажевій групі та показником контрольної та II стажевої груп була достовірною ( $p < 0,05$ ). Зменшення рівня Mg у крові пацієнтів може призводити до його недостатності та дисбалансу в системі  $Mg^{2+}$ - $Ca^{2+}$ , у результаті чого відбуваються порушення функціонування кістково-м'язової системи, патологія якої є фактором

ризиком розвитку ХПКР, особливо у працюючих зі стажем роботи в шкідливих умовах праці більше 15 років.

У результаті дослідження встановлено, що середня концентрація Р у сироватці крові пацієнтів із професійною ХПКР (1,66 мМоль/л) була в 1,5 рази меншою за цей показник у контрольній групі (3,20 мМоль/л). У молодшій стажевій групі концентрація Р (11,83 мМоль/л) перевищувала в 3,6 раза, а в старшій (1,43 мМоль/л) була на 50% нижчою порівняно з концентрацією в контрольній групі (3,20 мМоль/л). Окрім цього, встановлено достовірну різницю між показниками контрольної та обома стажевими групами ( $p < 0,05$ ) (табл. 1).

Для коректної інтерпретації рівня МаЕ та МЕ в організмі пацієнтів із хронічною попереково-крижовою радикулопатією визначено рівень цих елементів у сечі шахтарів. Аналізуючи отримані дані, встановлено перевищення середньої концентрації Al у дослідній групі (1,26 мкМоль/л) на 46% порівняно з контрольною (0,85 мкМоль/л) ( $p < 0,05$ ). Також визначено, що рівень Al був вищим в обох стажевих групах порівняно з контрольною на 51% (1,334 мкМоль/л – у I групі та 1,14 мкМоль/л – у II), при цьому різниця між показниками в контрольній і обох стажевих групах була достовірною ( $p < 0,05$ ) (табл. 2).

Таблиця 2

**Концентрації МаЕ та МЕ у сироватці сечі шахтарів  
із ХПКР професійного генезу (мг/л, мкМоль/л, мМоль/л),  $M \pm m$ , медіана**

Есенційний елемент	Контрольна група, n=22 (1)	Концентрації елементів у дослідних пацієнтів			p
		всього, n=20 (2)	стаж 10-15 р., n=10 (3)	стаж 16-32р., n=10 (4)	
Al (мг/л)	0,023±0,008	0,036±0,008	0,036±0,003	0,031±0,008	$p_{1-3} < 0,05$
мкМоль/л	0,85	1,26	1,334	1,14	$p_{1-4} < 0,05$
Медіана	0,023	0,034	0,036	0,031	
V (мг/л)	0,13±0,08	0,23±0,008	0,21±0,03	0,25±0,08	$P_{1-4} < 0,05$
мкМоль/л	27,78	25,90	14,80	34,22	
Медіана	0,30	0,28	0,16	0,37	
Ca (мг/л)	119,07±20,19	169,07±24,19	182,55±23,76	129,52±24,19	$p_{1-3} < 0,05$
мМоль/л	2,944	3,195	3,252	2,671	$P_{1-4} < 0,05$
Медіана	118,0	128,06	130,37	107,09	
Mg (мг/л)	40,97±8,36	60,97±8,36	90,03±13,79	51,95±8,36	$p_{1-3} < 0,05$
мМоль/л	2,036	2,406	3,287	1,886	$P_{1-4} < 0,05$
Медіана	49,50	59,50	79,93	45,86	
P (мг/л)	370,20±48,35	552,90±99,23	533,53±56,22	511,59±99,23	$p_{1-2} < 0,05$
мМоль/л	11,96	19,0	18,3	19,1	$p_{1-3} < 0,05$
Медіана	370,70	588,70	567,05	588,70	$p_{1-4} < 0,05$



Середня концентрації Са в сечі обстежуваних контрольної групи та пацієнтів із ХПКР професійного генезу була приблизно однакова і становила 3,195 мМоль/л та 2,944 мМоль/л відповідно. Концентрація Са в пацієнтів стажевої групи від 10 до 15 років (3,252 мМоль/л) на 10% перевищувала цей показник контрольної групи та на 18% у стажевій групі від 16 до 32 років, а різниця між показниками контрольної та обох стажевих груп була достовірною ( $p < 0,05$ ). Ця закономірність свідчить про зниження концентрації Са в сечі шахтарів, що хворіють на ХПКР, зі збільшенням стажу роботи у шкідливих умовах праці.

Аналіз результатів дослідження встановив, що середній рівень В у сечі пацієнтів із ХПКР (25,90 мМоль/л) був дещо нижчим, ніж у контрольній групі (27,78 мМоль/л). Концентрація В у II стажевій групі (34,22 мМоль/л) перевищувала аналогічний показник у контрольній на 24% ( $p < 0,05$ ).

Аналізуючи результати обстеження, встановлено, що середній рівень Р у сечі пацієнтів із професійною хронічною радикулопатією (19,0 мМоль/л) був вищим за рівень у контрольній групі (11,96 мМоль/л) на 57%. Концентрації фосфору в обох стажевих групах (18,3 мМоль/л та 19,0 мМоль/л відповідно) були вищими за цей показник контрольної групи в середньому на 54% ( $p < 0,05$ ). Збільшення рівня фосфору в сечі пацієнтів із професійною ХПКР порівняно з контрольною групою засвідчує його надлишок в організмі, наслідком чого є блокування переходу вітаміну D в активні його форми і порушення якісної та кількісної структури кісткової тканини, які і є фактором ризику розвитку остеопорозу.

Середній рівень Mg у сечі шахтарів із ХПКР (2,406 мМоль/л) перевищував цей показник у контрольній групі (2,036 мМоль/л) на 20%. Визначено достовірну відмінність між показниками концентрації Mg обох стажевих груп та контрольної ( $p < 0,05$ ). Також зазначимо, що концентрація Mg у сечі шахтарів зі стажем роботи у шкідливих умовах від 10 до 15 років (3,287 мМоль/л) перевищувала аналогічний по-

казник у стажевій групі від 16 до 32 років (1,886 мМоль/л) на 70%, що засвідчує зниження концентрації Mg у крові обстежуваних зі збільшенням роботи у шкідливих умовах.

### ВИСНОВКИ

1. За результатами дослідження встановлено перевищення середньої концентрації Al у крові пацієнтів із ХПКР (115,07 мМоль/л) порівняно із показником контрольної групи майже в 35 разів, що чинить негативний вплив на функціонування ферментних білків шляхом заміщення в їх алостеричному центрі іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$ , і, таким чином, веде до блокування дозрівання кристалів фосфату кальцію та мінералізації остеоїда. Отже, Al може бути запропонований у якості біомаркера порушень кількісної та якісної кісткової тканини в пацієнтів цієї категорії.

2. Виявлено зниження рівня Са (1,98 мМоль/л) та Mg (0,65 мМоль/л) у сироватці крові шахтарів із професійною хронічною попереково-крижовою радикулопатією при збільшенні стажу роботи у шкідливих умовах праці. Такі результати можуть бути покладені в основу методики для скринінгового дослідження рівня есенційних елементів у робітників цієї категорії із тривалим стажем роботи у підземних умовах для своєчасного виявлення факторів ризику розвитку хронічної радикулопатії.

3. У дослідженні виявлено статистично достовірне підвищення рівня Р у сечі у всіх групах порівняно з контрольною. Підвищення рівня фосфору в організмі пацієнтів із ХПКР може призводити до блокування переходу вітаміну D в його активні форми та порушення кількісної та якісної структури кісткової тканини.

4. Виявлено зниження концентрації В у крові пацієнтів із ХПКР у 2,5 рази (25,9 мМоль/л) порівняно з контрольною групою, і це може призводити до зниження регуляторного впливу цього елемента на функціонування статевих гормонів та паратиреоїдного гормону, що впливають на якісну структуру кісткової тканини.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрусишина І. М., Лампека О. Г., Голуб І. О. До проблеми обґрунтування оптимальних рівнів вмісту важких металів у біологічних середовищах людини. *Укр. журнал з проблем медицини праці*. 2015. Т. 44, № 3. С. 48-56 с. DOI: <https://doi.org/10.33573/ujoh2015.03.048>

2. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. 2-е изд. Киев: МИЦ «Мединформ», 2018. 31-45 с.

3. Клименко Л. Ю. Комплексний підхід до розробки та валідації методик кількісного визначення аналітів у біологічних рідинах в хіміко-токсиколо-

гічному аналізі: автореф. дис. ... канд. фарм. наук: 14.03.06 / Нац. фармацевт. ун-т. Харків. 2016. 11 с.

4. Нагорна А. М., Соколова М. П., Вітте П. М. Стан професійної захворюваності в період законодавчих змін в Україні. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2016. Т. 46, № 1. С. 3-15. DOI: <https://doi.org/10.33573/ujoh2016.01.003>

5. Оберлис Д., Харланд Б., Скальний А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / за ред. Д. Оберлиса. Москва: Рос. университет дружбы народов, 2018. 348 с.

6. Руководство по клинической лабораторной диагностике: Клиническая биохимия / под ред М.А. Базарновой. Ч. 3. Київ: Вища школа, 1990. 319 с.

7. Спосіб оцінки ризику остеопорозу та його ускладнень на первинному рівні медичної допомоги /

В. В. Поворознюк та ін. *Наук.-практ. журнал: Боль. Суставы. Позвоночник*. 2018. № 1. С. 68-69 с.

8. Ярмагомедов А. А., Матерова Е. А., Колосов И. В. Экспресс-метод определения ионизированного кальция в сыворотке и цельной крови. *Лабораторное дело*. 1978. № 9. С. 552-556.

9. Ikeda T, Kaji H, Tamura Y, Akagi M. Once-weekly teriparatide reduces serum sclerostin levels in postmenopausal women with osteoporosis. *J Orthop Sci*. 2019 May (Vol. 24, No. 3). P. 532-538. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jos.2018.10.028>

10. Sighinoli G. P., Gordoni C., Bonori O. Comprehensive determination of trace elements in human saliva by ETA-AAS. *Microchim. Acta*. 1989. No. 1. P. 171-179. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01242463>

## REFERENCES

1. Andrusyshyna IM, Lampeka OG, Golub IO. To the problem of grounding optimal levels on the content of heavy metals in human biological fluids. *Journal of Occupational Health*. 2015;44(3):48-56. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.33573/ujoh2015.03.048>

2. Antomonov MY. [Mathematical processing and analysis of biomedical data]. Kyiv; 2018;2:31-45. Russian.

3. Klimenko LY. [A comprehensive approach to the development and validation of analyte quantification techniques in biological fluids in chemical-toxicological analysis. Abstract]. Kyarkiv: National University of Pharmacy; 2016. Ukrainian.

4. Nahorna AM, Sokolova MP, Vitte PM. [State of occupational morbidity in the period of legislation changes]. *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 2016;46(1):3-15. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.33573/ujoh2016.01.003>

5. Oberlis D, Kharland B, Skalnyi A. [Biological role of macro- and microelements in humans and animals]. Moskva: Russian peoples' friendship university; 2018. Russian.

6. Bazarnova MA. editor. [Manual on clinical diagnostics. Clinical biochemistry]. Kyiv: Vyshcha shkola. 1990;3:319. Ukrainian.

7. Povoroznyuk VV, Grygoryeva NV, et. al. Method of assessment of risk of osteoporosis and its complications at the primary level of medical care. *Bol. Sustavy. Pozvonochnik*. 2018;1:68-69

8. Yarmagomedov AA, Materova EA, Kolosov IV. [Express-method for determination of ionized calcium in serum and whole blood]. *Laboratornoye delo*. 1978;9:552-556. Russian.

9. Ikeda T, Kaji H, Tamura Y, Akagi M. Once-weekly teriparatide reduces serum sclerostin levels in postmenopausal women with osteoporosis. *J Orthop Sci*. 2019 May;24(3):532-8p. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jos.2018.10.028>

10. Sighinoli GP, Dordoni C, Bonori O, et al. Comprehensive determination of trace elements in human saliva by ETA-AAS. *Microchim. Acta*. 1989;1,171-9. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01242463>

Стаття надійшла до редакції  
19.11.2019

